

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Ariel University (Ізраїль)
University North (Хорватія)
Politechnika Lubelska (Польща)
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій»
Академія будівництва України
Українська академія архітектури
НВЦ «Екострой»
ТОВ «Стікон»



ЗБІРНИК ТЕЗ
міжнародної науково-технічної конференції
Структурутворення та руйнування
композиційних будівельних матеріалів
та конструкцій,
присвяченої 80-річчю заслуженого діяча науки і
техніки України, доктора технічних наук, професора
Вирового Валерія Миколайовича
23 квітня 2024 року



м. Одеса

ЗАЛІЗНИЧНІ ШПАЛИ ІЗ БЕТОНУ, АРМОВАНОГО КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

Муригін М. А., асп., **Плугін А. А.**, д.т.н., проф.,

Плугін Д. А., д.т.н., проф., **Лобяк О. В.**, к.т.н., доц.

Український державний університет залізничного транспорту

З початку будівництва залізниць, отже початку ХІХ століття, в залізничній колії використовуються різні конструкції підрейкових основ із різних матеріалів. Першими були дерев'яні шпали, які виявились схильними до утворення тріщин через вологісні деформації та до біологічних uszkodжень, швидко зношуваними у підрейковій зоні. Створення у ХХ столітті клеєних дерев'яних шпал лише частково усунуло ці недоліки. Незважаючи на це дерев'яні шпали широко експлуатуються досі. Металеві шпали виготовляють коробчастого, двотаврового перерізу із сталі. Вони електропровідні, схильні до корозії та електрокорозії, створюють великі шум та вібрацію, підрейкова основа з них характеризується високою металоємністю, тому сфера їх застосування обмежена. Також у ХХ столітті з'являються композитні шпали, у т.ч. із відходів деревини, вторинних полімерів, які позбавлені багатьох недоліків дерев'яних і залізобетонних шпал, але зазнають старіння. З другої половини ХХ століття найбільш розповсюдженим стають залізобетонні шпали. Їх виробляють попередньо напруженими з дротяною або стержневою арматурою із цементного бетону високих класів. Попереднє напруження визначає значну ресурсоенергоємність виробництва шпал. Залізобетонні шпали також мають експлуатаційні недоліки, зокрема, корозійну та електрокорозійну вразливість арматури та бетону. Отже, всі зазначені шпали мають недоліки, які в сучасних умовах обумовлюють високу вартість будівництва та експлуатації залізниць, значні додаткові витрати на підвищення ресурсу та довговічності конструкцій колії, забезпечення безпеки руху.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень показано, що багатьох недоліків будуть позбавлені бетонні шпали, армовані композитною арматурою [1]. Серед їх потенційних переваг можна відзначити захищеність полімеру бетоном від ультрафіолетового випромінювання, високу електрокорозійну стійкість арматури [2]. Заміна сталеві арматури корозійно стійкою композитною арматурою дозволить знизити вимоги до тріщиностійкості шпал і зменшити зусилля попереднього натягу (або відмовитися від нього), оптимізувати вимоги до ранньої міцності бетону, зменшити ушкоджувальність шпал під час експлуатації за рахунок зниження напруг, що розтягують, у

поперечному напрямку.

На основі конструкції поперечно напруженої залізобетонної шпали, армованої високоміцним сталевим дротом $44\varnothing 3$ мм (рис. 1, а), розроблено бетонну шпалу, армовану композитною (базальтове волокно з епоксидним полімером) арматурою $8\varnothing 12$ мм (рис.1, б).

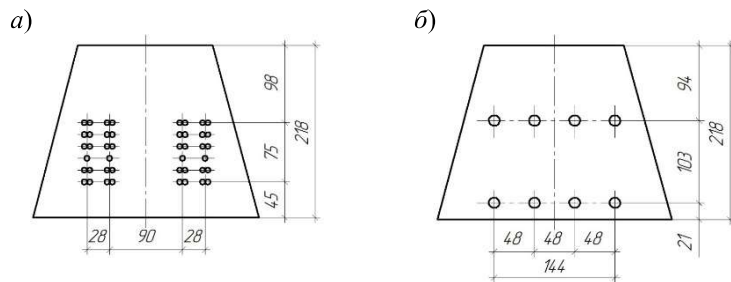


Рис. 1 Поперечний переріз залізобетонної шпали (а) і бетонної з композитною арматурою (б) в підрейковій зоні

В результаті виконаних методом скінчених елементів розрахунків і аналізу напружено-деформованого стану шпал (рис. 2) встановлено, що за однакового попереднього напруження 353 кН максимальні стискаючі напруження у шпалах, армованих сталевим дротом (25,7 МПа, рис. 2, а) і композитною арматурою (25,6 МПа, рис.2, б), однакові. Максимальні розтягувальні напруження у бетоні шпали з композитною арматурою у середньому перерізі (1,1 МПа) перевищують напруження у шпалі зі сталевією арматурою (0,12 МПа), хоча умови для утворення тріщин не створюються. Зниження попереднього напруження композитної арматури на 50 % призводить до збільшення максимальних стискаючих напружень до 31,3 МПа, проте розтягувальні напруження у середньому перерізі збільшуються до величин до 7,1 МПа, що перевищують границю міцності на розтяг, отже, шпала працює з тріщинами у розтягнутій зоні середнього перерізу. Таким чином, зниження попереднього напруження композитної арматури аж до відмови від нього не призведе до руйнування бетону в стиснутих зонах, проте обумовить роботу шпал із тріщинами.

Для верифікації результатів розрахунків міцності, жорсткості та тріщиностійкості шпал з композитною арматурою проведено дослідження на моделях – бетонних балках з армуванням двома композитними стержнями або двома пучками сталевих дроту – одного в розтягнутій зоні, одного в стиснутій зоні (рис. 3). Для моделей було проведено розрахунок напружено-деформованого стану методом скінчених елементів та випробування навантаженням з отриманням

експериментальних залежностей «навантаження — деформація». Результати розрахунків та випробувань наведені на рис. 4, з яких видно, що результати розрахунків мають хорошу збіжність з результатами випробувань навантаженням.

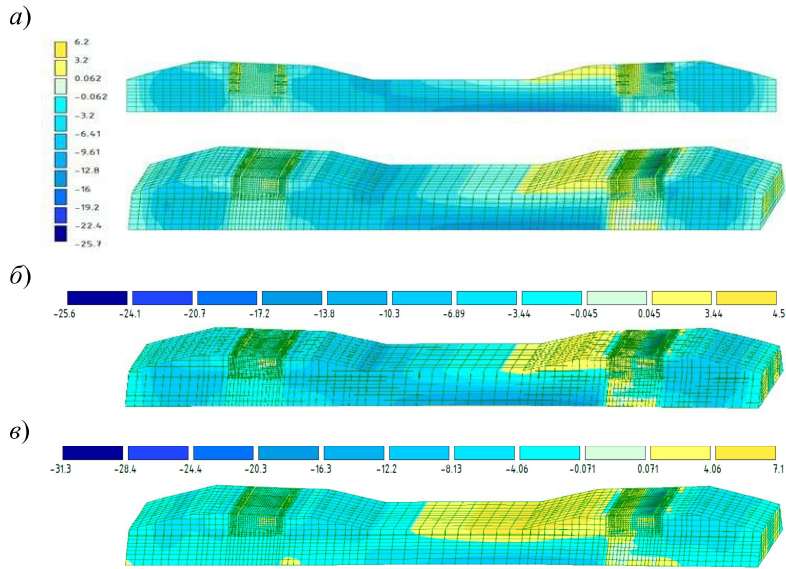


Рис. 2 Поля напружень у шпалі, армованій сталевим дротом 44ØЗВр1400 (а) і шпалі, армованій композитними стержнями 8Ø8 з натягом арматурного пакету 353 кН (100 %, а, б) і 177 кН (50 %, в)

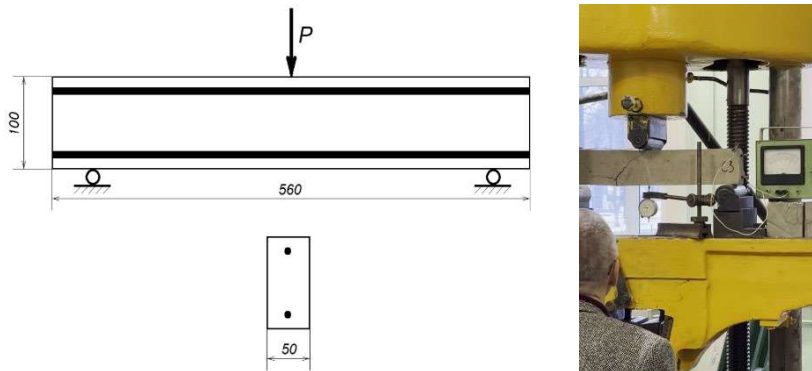


Рис. 3 Схема моделі та її випробування

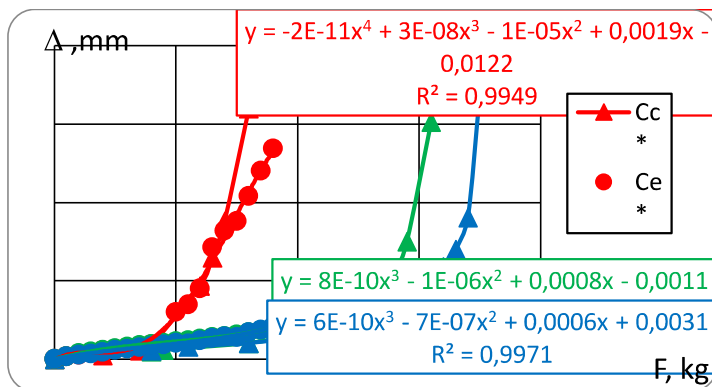


Рис. 4 Експериментальні (S_e , C_e , C_e^*) та розрахункові (S_c , C_c , C_c^*) залежності прогину моделей Δ від навантаження F моделей з попередньо напруженою (S_e , C_e , S_c , C_c) і ненапруженою (C_e^* , C_c^*) композитною (C_e , C_e^* , C_c , C_c^*) та сталеві дріткою (S_e , S_c) арматурою. Попереднє напруження композитної арматури становить 77,5 % від попереднього напруження сталеві арматури

Таким чином, показано, що заміна сталеві арматури композитною у попередньо напружених шпалах із бетону дозволить зменшити зусилля попереднього натягу, оптимізувати вимоги до ранньої міцності бетону, зменшити ушкоджувальність шпал під час експлуатації за рахунок зниження напруг, що розтягують, у поперечному напрямку, виключити корозію та електрокорозію арматури, підвищити електричний опір шпал. Для шпал, армованих композитною арматурою, рекомендовано знизити вимоги до тріщиностійкості шпалі, відповідно, зменшити зусилля попереднього натягу на 50 %.

Література

1. Пługін А.А., Калюжна О.В., Муригін М.А., Наджафов Е.Ф., Пługін Д.А. Перспективи застосування композитної арматури в шпалах із бетону. Міжнар. наук.-техн. конфер. «Органічні і мінеральні в'язучі та дорожні бетони на їх основі». ХНАДУ. Харків. 08-09.11.2022. С.107-113.
2. Пługін А.А., Zhu W., Муригін М.А., Пługін Д.А., Муригіна Н.О. Нові методи досліджень електрокорозійних процесів у конструкціях із бетону. II Всеукр. наук.-практ. конфер. «ВІМ-технології в будівництві: Досвід та інновації». Харків, 15-16.12.2023, ХНУМГ (2023) 94-95.

Довгань О. Д., Вировой В. М., Хлицов М. В., Довгань П. М. Інформаційні технології при вивченні структури будівельних композитів	52
Дудар І. Н., Яворовська О. В. Використання відходів від руйнувань у будівельній індустрії як стратегічний шлях до відновлення України	56
Ishakov I., Ribakov Y. Stress-strain model for compressed concrete without empirical coefficients	61
Клим А. Б., Бліхарський Я. З Відновлення несучої здатності залізобетонних балок з використанням Sika MONOTOP-4012	62
Kopiika N. S., Blikharskyu Y. Z. The use of CFRP materials for strengthening of RC beams with corrosion damages of rebar	67
Krivenko P., Rudenko I., Konstantinovskiy O., Kovalchuk A. Strength development of slag-containing cements: problems and decisions	71
Кровяков С. О., Ігнатенко А. В., Чистяков А. О. Властивості бетону з використанням вторинного щебеню з неоднорідним складом	75
Крутий Ю. С., Вакуленко В. В. про розробку методу розрахунку функціонально-градієнтних балок на пружній основі Вінклера	79
Луцкін Є. С., Шинкевич О. С., Ляшенко Т. В. Аналіз модифікованих багатокомпонентних систем з використанням чисельних методів	83
Мартинов В. І., Тайчан Д. С., Макарова С. С. Вплив твердої фази на властивості ніздрюватого бетону	86
Мірошниченко С. В., Рильський А. О., Тютюкін С. В. Дрібнозернистий бетон для 3D друку: проблеми та перспективи	88
Муригін М. А., Пługін А. А., Пługін Д. А., Лобяк О. В. Залізничні шпали з бетону, армованого композитною арматурою	92
Наджафов Е. Ф., Пługін Д. А., Пługін А. А., Лобяк О. В., Слепченко С. В. Опорні конструкції контактної мережі залізниць із бетону, армованого композитною арматурою	96
Неутов С. П., Єсванджія В. Ю. Несуча здатність та тріщиностійкість пошкодженої балки, підсиленої фібробетоном у стиснутій зоні	100